DOCUMENT RESUME

ED 301 444 SE 050 163

TITLE Nuclear Science Curriculum and Curriculum para la Ciencia Nuclear.
INSTITUTION American Nuclear Society, La Grange Park, IL.
PUB DATE 86
NOTE 32p.; For the American Nuclear Science Teachers Association.
PUB TYPE Guides - Classroom Use - Guides (For Teachers) (052) -- Guides - Non-Classroom Use (055)
LANGUAGE English; Spanish

EDRS PRICE MF01/PC02 Plus Postage.
DESCRIPTORS *Behavioral Objectives; Biology; Chemistry; *Course Content; *Course Descriptions; High Schools; Nuclear Energy; *Nuclear Physics; *Radiation; Radiation Biology; Radiation Effects; Science Activities; Science Education; *Secondary School Science

ABSTRACT

This document presents a course in the science of nuclear energy, units of which may be included in high school physics, chemistry, and biology classes. It is intended for the use of teachers whose students have already completed algebra and chemistry or physics. Included in this paper are the objectives of this course, a course outline, a discussion of the time required to teach the course and how that time should be structured, specific learning objectives for each unit, a list of applicable laboratory activities, a list of the necessary supplies and equipment, and a list of 36 references. Units include: (1) "Radioactivity"; (2) "Radiation Measurement"; (3) "Radiation Health Physics"; (4) "Fuel Cycle and Waste Disposal"; and (5) "Benefits and Applications of Radioactivity." (CW)

****
* Reproductions supplied by EDRS are the best that can be made *
* from the original document. *
****

U.S. DEPARTMENT OF EDUCATION
Office of Educational Research and Improvement
EDUCATIONAL RESOURCES INFORMATION CENTER (ERIC)
X This document has been reproduced as received from the person or organization originating it.
☐ Minor changes have been made to improve reproduction quality.
• Points of view or opinions stated in this document do not necessarily represent official OERI position or policy.

ANSTA EDUCATIONAL MATERIALS
REASEARCH AND EVALUATION COMMITTEE

NUCLEAR SCIENCE CURRICULUM

"PERMISSION TO REPRODUCE THIS MATERIAL HAS BEEN GRANTED BY
Darlene C Jahsault
TO THE EDUCATIONAL RESOURCES INFORMATION CENTER (ERIC)."

ED301444

I. DESCRIPTION/GENERAL OVERVIEW:

This course is to be offered to high school students who have completed Chemistry I, and/or Physics I. The students should also have completed algebra. This course is intended primarily as an enrichment program and is not recommended for students of low ability or achievement.

The course will cover topics that include all science disciplines; physics, chemistry, and biology. Consequently, educational reinforcement of previously completed science topics occurs for students throughout this nuclear science course.

II. GENERAL COURSE OBJECTIVES:

1. To provide the students with sufficient knowledge about nuclear science to be able to make rational decisions concerning the benefits and risks associated with natural and human-made radiation.
2. To increase the students' abilities in the use of proper and safe laboratory techniques.
3. To provide the students with information about career opportunities in nuclear science areas.

COPYRIGHT 1986 ©

American Nuclear Society
555 North Kensington Avenue
La Grange Park, Illinois 60525
(312) 352-6611

For the American Nuclear Science Teachers Association

(May be reproduced in limited quantities by teachers for educational use.)

This guide is also available--on request--
in Spanish.

SE050 143

III. COURSE OUTLINE

A. Radioactivity

1. atomic structure, history of radiation
2. radioactivity, definition, and characteristics
3. non-ionizing
   a. definition
   b. type - electromagnetic spectrum
4. ionizing radiation
   a. definition
   b. types - alpha, beta, gamma, neutrons
5. half-life
   a. definition
   b. determination
6. sources of ionizing radiation in the environment
   a. natural
   b. human-made
7. sources of technologically enhanced radiation
   a. fission
   b. fusion
   c. accelerators

B. Radiation Measurement

1. detection
   a. film
   b. Geiger-Mueller counter
   c. scintillation counter
   d. ion chamber
   e. thermoluminescent detectors
2. construction of instruments
3. ionization measurement
4. characteristics of radiation
5. environmental standards of radiation
6. dissemination of radiation in the environment
   a. behavior of radioactive elements and compounds in the soil, including the effect of ion exchange properties
   b. air quality values under various atmospheric conditions
   c. radiation detection in the water supply

C. Radiation Health Physics

1. somatic effects
   a. discovery of somatic effects
   b. risks of radiation exposure
2. genetic risks
3. effects of radiation types - alpha, beta, gamma and neutrons
4. radiation dose measurement - the Roentgen, Rad, Rem, Gray, and Sievert
5. radiosensitive tissues
   a. which tissues are most radiosensitive
   b. symptoms and cause of radiation sickness

6. exposure limits
   a. occupational
   b. general and special populations
7. responsibility in radiation
   a. regulations
   b. the health physicist
   c. types and uses of personnel monitors
8. risks of everyday living
   a. radiologic
   b. non-radiologic

D. Fuel Cycle and Waste Disposal

1. fuel production
2. waste disposal
   a. low level
   b. high level

E. Benefits and Applications of Radioactivity

1. research
   a. tracers
   b. improvement of products
2. industry
   a. gauges
   b. sterilization
3. education
   a. radioactive dating
   b. medical and technical training
4. medical
   a. diagnostic
   b. therapeutic
5. weapons
6. reactors
   a. electrical
   b. research
   c. military
7. careers
   a. industry
   b. medicine and related fields
   c. military
   d. education

IV. INSTRUCTIONAL TIME:

This course content, as outlined above, is planned for a one credit course of 120 instruction hours over thirty-six weeks. Suggested times for the units are given below. The units may be covered in less depth, or only selected units chosen for a half credit course, or a module to be included in an advanced chemistry, advanced physics, or other science course.

UNITS	SUGGESTED TIME weeks	hours
Radioactivity	9	30
Radiation Measurement	9	30
Radiation Health Physics	6	20
Fuel Cycle and Waste Disposal	3	10
Benefits and Applications of Radioactivity	9	30

V. EXPECTED LEVELS OF ACHIEVEMENT:

Students will be expected to score between 60-100% on all teacher evaluated materials.

VI. EVALUATION PROCEDURES:

Evaluation of all units will be made by the teacher including the following:

1. Teacher-made test, quizzes, and examinations.
2. Laboratory reports.
3. Completion of record and/or notebook by students.
4. Outside assignments such as scrapbook of current articles, review of current articles and/or topics.
5. Oral discussion and/or reports.
6. Class participation.

VII. LEARNING OBJECTIVES:

Unit A - Radioactivity

Upon completion of this unit, students will be able to:

1. Define and show an understanding of the following terms: alpha particle, Angstrom, atom, atomic mass, atomic number, beta particle, cosmic ray, cyclotron, daughter nuclide, deuteron, electromagnetic radiation, electron, electron cloud, energy level, fission, fluorescense, fusion, gamma ray, half-life, ion, isotope, linear accelerator, neutron, nuclear binding energy, nuclear change, nuclear mass defect, nucleus, nuclide, parent nuclide, proton, radioactive decay, radioactivity, synchrotron, and transmutation.

2. State and show an understanding of:
   a. The atomic theory.
   b. The development of a theory of the nucleus.
   c. The Bohr model of the atom.
   d. The characteristics of the electron cloud.
   e. The relative size of nuclei and atoms.
   f. The nature of the nuclear binding force.
   g. The properties of non-ionizing radiation.
   h. How the nature of radiation varies with its location in the electromagnetic spectrum.
   i. The nature and properties of alpha, beta, gamma, and neutron radiation.
   j. The half-life of a radioactive nuclide.
   k. The relationship between nuclear mass defect and nuclear binding energy.
   l. The effect that binding energy per nuclear particle and the number of protons and neutrons in the nucleus have on nuclear stability.
   m. The four types of nuclear reactions (radioactive decay, nuclear bombardment, fission, and fusion) including examples of each.
   n. The design and operation of the following types of accelerators: linear accelerator, cyclotron, Van de Graaff generator, and synchrotron.
   o. Examples and characteristics of subatomic particles.

3. Comprehend and distinguish:
   a. Proton, neutron, electron, and the nucleus on the basis of charge, mass, and location.
   b. Nucleus and energy levels of the electron cloud.
   c. Atomic number and atomic mass.
   d. Isotopes and nuclides.
   e. Non-ionizing and ionizing radiation.
   f. Natural and human-made radiation in the environment.
   g. Alpha particles, protons, and neutrons as nuclear "bullets".
   h. Anti-matter.

4. Know the contribution each of the following people made in explaining atomic structure and radioactivity: Democritus, Dalton, Rutherford, Bohr, Thomson, Chadwick, Roentgen, Becquerel, Curie, Soddy, Fermi, Hahn, Strassman, Meitner, Frisch, and Einstein.

5. Give examples of:
   a. Natural sources of ionizing radiation in the environment.
   b. Human-made sources of ionizing radiation in the environment.

6. Write one or more nuclear equations for:
   a. The reactions in the uranium-238 decay series.
   b. Each of the four types of nuclear reactions (see 2m).

7. Solve problems dealing with:
   a. Half-life.
   b. Nuclear mass defect and nuclear binding energy.

Unit B - Radiation Measurement

Upon completion of this unit, students will be able to:

1. Define and show an understanding of the following terms: Geiger-Mueller counter, half-thickness, inversion, ion chamber, ion exchange, lapse rate, linear absorption coefficient, mass absorption coefficient, neutrino, plateau region, resolving time, scaler, thermoluminescent detector (TLD).

2. State and show an understanding of:
   a. The operation of the following radiation-detection instruments: Geiger-Mueller tube, scaler, rate meter, scintillation counter, and ion chamber.
   b. The effect of the ion exchange properties in soil on the behavior of radioactive elements and compounds.
   c. The effect of atmospheric conditions on dispersion of radioactive materials in the air.

3. State:
   a. The environmental standards of radiation.
   b. Several methods for detecting radiation in the water supply.

4. Comprehend and distinguish:
   a. The design, operation, advantages and disadvantages of the following radiation-detection devices: Geiger-Mueller counter, film, ion chamber, scintillation counter, and thermoluminescent detector (TLD).
   b. The nature and interaction with matter of alpha, beta, gamma, and neutron radiation.

5. Make radiation measurements in the laboratory including:
   a. Determining the plateau and operating voltage for a G-M counter.
   b. Determining background.
   c. Determining the resolving time of a G-M counter.
   d. Studying the basic properties of alpha, beta, and gamma radiation and their interaction with matter.
   e. Half-life.

Unit C - Radiation Health Physics

Upon completion of this unit, students will be able to:

1. Define, and show an understanding of the following terms: dosimeter, film badge, Gray, rad, radiosensitivity, Rem, Roentgen, Sievert, somatic, genetic, LET, and threshold.

2. State and show an understanding of:
   a. The chronology of the discovery of somatic effects of radiation including those on early radiologists, painters of radium dial watches, and Czechoslovakian uranium miners.
   b. The factors influencing the biological effect of exposure to an external source of radiation (type of radiation, total dose received, tissue involved, area or volume involved, energy of the radiation, and the time for accumulation of the dose.
   c. The relative danger from exposure from internal sources of radiation which decay by alpha, beta, or gamma emission.
   d. The symptoms of acute radiation sickness (nausea and vomiting, malaise and fatigue, increased temperature, and blood changes).
   e. The extent of radiation sickness resulting from various levels of short-term exposure.
   f. The ALARA concept; keep your radiation exposure As Low As Reasonably Achievable.
   g. How exposure to radiation can be reduced by distance, shielding, and time.
   h. The importance of the health physicist in protecting individuals and population groups against the harmful effects of ionizing radiation.
   i. The basic principles involved in the design of radiologically safe equipment, processes, and environments.

3. State:
   a. The exposure limits to radiation permitted for occupational exposure.
   b. The exposure limits to radiation permitted for the general public.
   c. The international and national organizations that set standards for radiological protection. [International Atomic Energy Agency (IAEA), U.S. Department of Energy (DOE), Nuclear Regulatory Commission (NRC)]

4. Comprehend and distinguish:
   a. Acute and latent effects of radiation.
   b. The units in which radiation is measured (Roentgen, Rad, Rem, Gray, and Sievert).
   c. The tissues of the body with regard to their radiosensitivity.
   d. Various personal monitoring instruments, such as: pocket meters, film badges, and thermoluminescent dosimeters.

5. Compare and contrast the radiologic and non-radiologic risks of daily living.

Unit D - Fuel Cycle and Waste Disposal

Upon completion of this unit, students will be able to:

1. Define and show an understanding of the following terms: enrichment, fertile, fissile, high-level radioactive waste (HLW), low-level radioactive waste (LLW), pitchblende, repository, spent fuel, tailings, transuranic waste (TRU) and yellowcake.

2. State and show an understanding of:
   a. The steps involved in the "front end of the fuel cycle" from the mining of uranium ore to the fabrication of fuel assemblies.
   b. The reasons why elemental uranium metal is not a very good reactor fuel.
   c. The reason for good ventilation of underground uranium mines.
   d. The environmental and health hazards associated with uranium mining and milling.
   e. Why uranium hexafluoride (UF_6) is the compound used in most enrichment processes.
   f. The reasons for reprocessing nuclear fuel removed from reactors.
   g. The explanation for the lack of present reprocessing of nuclear fuel removed from commercial reactors.
   h. The source of high-level radioactive wastes.
   i. The accepted method of disposal for low-level radioactive wastes and the precautions taken with regard to environmental contamination.
   j. The risks associated with transporation and disposal of low-level radioactive wastes.
   k. The provisions of the Low-Level Radioactive Waste Policy Act of December 1980.
   l. The current method of dealing with spent fuel from commercial nuclear power reactors.
   m. The provisions for radioactive waste Monitored Retrievable Storage (MRS).

3. State:
   a. The general properties of uranium dioxide (UO_2).
   b. The design of a typical reactor fuel assembly.
   c. The present locations of operating sites for disposal of low-level radioactive wastes.
   d. The locations of prospective sites for the disposal of high-level radioactive wastes.

4. Comprehend and distinguish:
   a. The "front end" and the "back end" of the fuel cycle.
   b. Low-level radioactive waste and high-level radioactive waste.
   c. Dispersal and containment of low-level radioactive wastes.

5. Give examples of:
   a. At least two enrichment technologies.
   b. Sources of low-level radioactive wastes.
   c. Proposals for the storage of high-level radioactive wastes.

Unit E - Benefits and Applications of Radioactivity

Upon completion of this unit, students will be able to:

1. Define and show an understanding of the following terms: autoradiography, boiling water reactor (BWR), breeder reactor, burn-up, containment, chain reaction, control rod, critical mass, critical size, cross-section, fast neutron, fuel rod, health physicist, heavy water reactor (HWR), high temperature gas cooled reactor (HTGR), light water reactor (LWR), moderator, nuclear medicine, nuclear reactor, neutron activation analysis, neutron multiplication factor, pressurized water reactor (PWR), radioisotope, radiology, radionuclide, scram rod, thermal neutron, thermonuclear, tomography, tracer, tritium.

2. State and show an understanding of:
   a. The use of radioisotopes as tracers in research studies.
   b. The technique of isotope dilution analysis.
   c. The technique of neutron activation analysis.
   d. Autoradiography.
   e. The use of radioactive tracers in hydrology, identifying pipe leaks, and other fluid flow problems.
   f. The use of radioactive tracers in industry for studying mixing and wear of machine parts.
   g. The operation of radionuclide gauges.
   h. The construction and applications of radionuclide power generators.
   i. How a radioactive source is used in some smoke detectors.
   j. The use of radiation in sterilization of medical supplies, food, and male insects to control insect populations.
   k. Radioactive dating based on carbon-14, and other "nuclear clocks."
   l. Nuclear medicine for imaging of bones and organs.
   m. The basic principles in the construction of fission and fusion nuclear weapons.
   n. Nuclear chain reactions.
   o. The control of a chain reaction in a nuclear reactor.
   p. The broad functions of nuclear reactor safety systems.
   q. The concept of multiple barrier containment.

3. State:
   a. The use of radiation to produce polymerization.
   b. The history of the Manhattan Project for the development of nuclear weapons.
   c. The effects of the explosion of a (1-megaton) nuclear weapon.
   d. The probable consequences to civilization of an all-out thermonuclear war.
   e. The components of a pressurized water reactor.
   f. The components of a boiling water reactor.
   g. The features of a graphite-moderated reactor.
   h. The features of high temperature gas cooled reactors.
   i. Considerations of breeder reactors.
   j. The types and amounts of radioactive wastes produced by commercial power reactors.

4. Comprehend and compare:
   a. Nuclear radiography and X-ray radiography, noting the advantages and applications of each.
   b. Pressurized water reactors and boiling water reactors.
   c. Fast neutrons and thermal neutrons.
   d. The reactors used to generate commercial electric power and those used for naval propulsion.
   e. Light water reactors and heavy water reactors.

5. Give examples of:
   a. Applications of neutron activation analysis.
   b. Applications of autoradiography.
   c. Applications of radionuclide gauges.
   d. Radionuclides used to produce luminous dials for watches, instruments, and signs.
   e. Medical uses of nuclear science for both diagnosis and therapy.
   f. Purposes of research reactors.
   g. Career opportunities in industry related to the design, construction, and operation of nuclear plants.
   h. Career opportunities in industry using nuclear science for radionuclide gauging, sterilization, etc.
   i. Career opportunities in nuclear medicine.
   j. Career opportunities in nuclear science in the military.
   k. Career opportunities in nuclear science in education and research.

VIII. LABORATORY ACTIVITIES

The recommended manual for laboratory activities is:

"Experiments in Nuclear Science": Chase, Rituper, and Sulcoski: Burgess Publishing Co. (1971) **

The following laboratory experiments from the above manual are recommended for a high school level nuclear science course.

* Personal Monitoring Devices
* Survey Meters
* Sample Preparation I
* Sample Preparation II
* Plotting a Geiger Plateau
* Background
* Resolving Time
* Geiger Tube Efficiency
* Changes in Instrument Efficiency
* Shelf Ratios
* Backscattering I
* Backscattering II
* Sidescattering
* Absorption of Radiation by Sample I
* Absorption of Radiation by Sample II
* Absorption of Radiation by Sample III
* Carrier-Free Solutions
* Randomness of Disintegration
* Statistics of Counting
* Half-Life

  Mixture of Independently Decaying Activities

  Ionization Chambers

  Scintillation Counters
* Autoradiography

  Cloud Chambers
* Absorption of Phosphate by a Plant
* Distribution of Phosphate in a Plant
* Non-Root Feeding of Plants
* Translocation of Phosphates in Stems
* Cancer in Plants
* Effect of Ultraviolet Radiation on Simple Organisms
* Range of Alpha Particles
* Inverse Square Law
* Absorption of Beta Particles

  Deflection of Beta Particles by a Magnetic Field
* Beta Decay Energy
* Absorption of Gamma Rays
* Fallout

  Properties of Heavy Water

  Purification of Contaminated Water

  Electrodepostion
* Separation by Precipitation I

  Separation by Precipitation II

  Separation by Adsorption
* Separation by Solvent Extraction

** The authors are planning to update this textbook and prepare related curriculum materials, based on this Nuclear Science Curriculum, in connection with ANSTA.

Radiochromatography I
* Radiochromatography II
Separation by Ion Exchange
Separation by Electrophoresis
Isotope Dilution Analysis
Synthesis of a Labeled Compound
Solubility of Silver Iodide in Ammonia
* Thickness Gauging
* Strain Gauges
* Depth Gauging
* Density Gauging
* Radiography
* Wear Testing
* Detergent Efficiency

* These experiments may be performed with the minimum equipment and material listed in Section IX.

IX. EQUIPMENT AND MATERIAL

A. Equipment

Equipment for the Nuclear Science course, due to its nature, is expensive. The following list represents the minimal requirements (1 per 4 students) for the installation of a usable laboratory for student use.

Number	
5	Scaler with timer
5	End Window Geiger-Muller tube with mount and cable
5	Absorber Set
5	α, β, and γ Sealed Source Set (Po-210, Sr-90, Co-60)
5	Calibrated Source Set
5	Split Source Set
5	Cs-137 Sealed Source
10	Fiberglass isotope work tray (Cafeteria type)
2	Cs-137/Ba-137m Minigenerator
200	Planchets
10	Planchet Triceps
5	Propipetter
	Assorted Micropipettes, 1 to 50 lambda
5	Survey Meter (CDV-700)
5	Ratemeter
5	Dosimeter and Charger
5	Stopwatch
10	Hypodermic syringes, Luer-lock, 10cc
	Miscellaneous Glassware and Equipment available in typical chemistry and biology laboratories

B. Materials

Disposable Plastic Gloves
Plastic Food Wrap
Small Plastic Bags
Aluminum Foil
Protective Absorbent Paper for Work Trays
X-ray film and appropriate developing materials
Warning Signs, Tape, and Tags
Uranyl Nitrate
Liquid Isotopes (license exempt amounts)

Carbon-14	50 uCi
Phosphorus-32	10 uCi (due to short half life must be purchased when needed)

Agrobacterium tumefaciens, strain B-6
Miscellaneous Supplies and Reagents available in a typical chemistry laboratory

C. Additional Equipment

The additional equipment and materials listed below are needed to perform all of the laboratory activities listed in Section VIII.

1	Crystal Scintillation Detector
1	Wilson Continuous Diffusion-type Cloud Chamber
1	Electroscope
2	Magnetron Magnet (about 1500 Gauss)
1	Electrodeposition Unit
2	Side-arm test tube
2	Separatory funnel (30 ml)
1	Electrophoresis Apparatus
1	Radiochromatogram Scanner and Recorder
	Miscellaneous Glassware available in a typical chemistry laboratory

D. Additional Materials

Dry Ice
Lead Foil
Heavy Water
La Matte Ion Exchange Resin
Thorium Nitrate
Whatman #1 Chromatography Paper (1" width)
Bio-Rad 2P-1 Ion Exchange Resin
Isotopes (license exempt amounts)

Cesium-137	2 uCi
Thallium-204	10 uCi
Lead-210	0.1 uCi
Iodine-131	10 uCi
Iron-59	0.5 uCi
Strontium-90	0.1 uCi

Miscellaneous, Supplies and Reagents available in a typical chemistry laboratory

E. Sources of Equipment

The following concerns supply equipment and may be contacted for their current catalogues:

1. Educational Materials & Equipment Co.
   Box 63
   Bronxville, NY 10708

2. Atomic Accessories, Inc.
   811 West Merrick Road
   Valley Stream, NY 11582

3. Central Scientific Co.
   1700 Irving Park Road
   Chicago, ILL 60613

4. Welch Scientific Co.
   7300 N. Linder Avenue
   Skokie, ILL 60076

5. The Nucleus
   761 Emory Valley Road
   P.O. Box 2561
   Oak Ridge, TN 37830-2561

6. Nuclear-Chicago Corp.
   333 East Howard Avenue
   DesPlaines, ILL 60018

7. American Nuclear Products, Inc.
   1232 E. Commercial
   Springfield, MO 65803

F. Irradiation Facilities

An excellent source of specimen irradiation available to all teachers is the radiological laboratory of the local hospital. If the situation is explained in detail to the Radiologist in Charge, it is possible that he/she will make his/her X-ray and gamma-ray equipment available for this purpose. Excellent studies of the effect of radiation on seed germination and the production of mutations, to list just two, may be made with this equipment. This is also a possible source of isotopes and X-ray film.

X. REFERENCES

The following books were examined and found to be acceptable for a high-school-level nuclear science course. Evaluations of these books are in the June 30, 1986 report, "Nuclear Science Education Materials", by the American Nuclear Science Teachers Association Educational Materials Research and Evaluation Committee.*

Asimov; "Understanding Physics Vol. II. - Light, Magnetism, & Electricity"

Asimov; "Understanding Physics Vol. III. - The Electron, Proton, & Neutron"

Blecha, Fisk, & Holly; "Exploring Matter and Energy"

Boh; "Nuclear Explosions & Earthquakes"

Brandwein, Cross, & Neivert; "Science & Technology - In a New Age"

Calder; "The Key to the Universe - A Report on the New Physics"

Casarette; "Radiation Biology"

Chase, Rituper, & Sulcoski; "Experiments in Nuclear Science"

Connolly; "Foundations of Nuclear Engineering"

Davis; "Radiation and Life"

Eisenbud; "Environmental Radioactivity"

Gamow; "The Atom and the Nucleus"

Glasstone; "Sourcebook on Atomic Energy"

Glasstone & Jordan; "Nuclear Power & Its Environmental Effects"

Governor's Energy Council; "The Pennsylvania Energy Primer"

Grosch & Hopwood; "Biological Effects of Radiation"

Heimler & Price: "Electrical and Nuclear Energy: Focus on Science Series"

Holton, Rutherford, & Watson; "Elementary Particles" (Project Physics)

Holton, Rutherford, & Watson; "The Nucleus" (Project Physics)

Kathren; "Radioactivity in the Environment: Sources, Distribution, & Surveillance"

Kelves; "The Physicists - The History of a Scientific Community in Modern America"

Kranner & Gemmill; "(Minigenerator) Biology - Experiments in Nucleonics"

Kranner & Gemmill; "(Minigenerator) Experiments in Nucleonics"

* Free copy of this report is available from American Nuclear Society (see pg. 1 for address).

Linderfeld; "Radioactive Radiations and Their Biological Effects"

Linderfeld; "Radioactive Radiations and Their Biological Effects" (Instruction Manual)

Murray; "Nuclear Energy"

Nero; "A Guidebook to Nuclear Reactors"

Pacific War Research Society; "The Day Man Lost"

Pringle; "Nuclear War"

Rahn, Addmantiadus, Kunton, & Bravin; "A Guide to Nuclear Power Technology"

Shapiro; "Radiation Protection"

Shields; "Biological Effects of Radiation"

Steward & Hawcroft; "A Manual of Radiobiology"

Superintendent of Documents; "The Environmental Impact of Electrical Power Generation"

Viola; "The Heart of the Matter"

Williams, Trinklein, & Metcalfe; "Modern Physics"

COMITE DE EVALUACION E INVESTIGACION DE MATERIAS EDUCACIONALES

ANSTA

CURRICULUM PARA LA CIENCIA NUCLEAR

I. DESCRIPCION / RESUMEN GENERAL

Este curso se ofrece a estudiantes de educación secundaria que hayan completado Química I, y/o Física I. Los estudiantes deben haber completado álgebra también. Este curso va primordialmente con la intención de ser un programa de enriquecimiento, y no se recomienda a estudiantes con bajas habilidades y logros.

Este curso cubrirá tópicos que incluyen todas las disciplinas de la ciencia; física, química y biología. En consecuencia, mediante este curso de Ciencia Nuclear, se produce en los estudiantes un refuerzo educacional de los tópicos de ciencia completados previamente.

II. OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO

1. Proporcionar a los estudiantes el conocimiento suficiente acerca de la Ciencia Nuclear para que puedan tomar decisiones racionales en lo que concierne a los beneficios y riesgos asociados tanto a la radiación producida por el Hombre como la natural.

2. Aumentar las habilidades de los estudiantes en el uso de técnicas de laboratorio seguras y apropiadas.

3. Proporcionar a los estudiantes información acerca de oportunidades de carreras en las áreas de la Ciencia Nuclear.

COPYRIGHT 1986 ©

American Nuclear Society
555 North Kensington Avenue
La Grange Park, Illinois 60525
(312) 352-6611

For the American Nuclear Science Teachers Association

(May be reproduced in limited quantities by teachers for educational use.)

III. ESQUEMA DEL CURSO

A. Radioactividad

1. estructura atómica, historia de la radiación
2. radioactividad, definición y características
3. radiación no-ionizadora
   a. definición
   b. tipo - espectro electromagnético
4. radiación ionizadora
   a. definición
   b. tipos - alfa, beta, gama, neutrones
5. período de semi-desintegración
   a. definición
   b. determinación
6. fuentes de radiación ionizadora en el ambiente
   a. natural
   b. creada por el Hombre
7. fuentes de radiación tecnológicamente aumentadas
   a. fisión
   b. fusión
   c. aceleradores

B. Medición de Radiación

1. detección
   a. película
   b. contador Geiger-Mueller
   c. detector de chispa
   d. cámara ión
   e. detectores termoluminosos
2. construcción de instrumentos
3. medición de ionización
4. características de la radiación
5. estándares ambientales de la radiación
6. diseminación de radiación en el ambiente
   a. comportamiento de elementos radioactivos y compuestos en la tierra, incluyendo el efecto de las propiedades del intercambio de ión.
   b. valores de calidad del aire bajo varias condiciones atmosféricas
   c. detección de radiación en el suministro de agua

C. Física de la Salud en relación a la Radiación

1. efectos somáticos
   a. descubrimiento de efectos somáticos
   b. riesgos de exposición a la radiación
2. riesgos genéticos
3. efectos de tipos de radiación - alfa, beta, gama y neutrones
4. medición de dosis de radiación - Roentgen, Rad, Rem, Gray y Sievert
5. tejidos radiosensibles
   a. tejidos que son más radiosensibles
   b. síntomas y causa de enfermedad de radiación

6. límites de exposición
   a. ocupacional
   b. poblaciones especiales y generales
7. responsabilidad en radiación
   a. regulaciones
   b. el físico de la salud
   c. tipos y usos de monitores en el personal
8. riesgos del vivir cotidiano
   a. radiológicos
   b. no-radiológicos

D. Ciclo de Combustible y Desprendimiento de Desechos

1. producción de combustible
2. desprendimiento de desechos
   a. nivel bajo
   b. nivel alto

E. Beneficios y Aplicaciones de la Radioactividad

1. investigación
   a. rastreadores
   b. mejoramiento de productos
2. industria
   a. indicadores
   b. esterilización
3. educación
   a. uso de radio-isótopos para determinar edad
   b. entrenamiento técnico y médico
4. médico
   a. diagnóstico
   b. terapéutico
5. armas
6. reactores
   a. eléctricos
   b. investigación
   c. militar
7. carreras
   a. industria
   b. medicina y campos relacionados
   c. militar
   d. educación

IV. TIEMPO DE INSTRUCCION

Como fue esquematizado más arriba, este contenido de curso está planeado para un curso de un crédito con 120 horas de instrucción en treinta y seis semanas. Más adelante se dan sugerencias de tiempo para las unidades. Las unidades pueden ser cubiertas en menor profundidad, o elegirse unidades seleccionadas para un curso con la mitad de crédito, o un módulo para incluir en una Química avanzada, u otro curso de ciencia.

UNIDADES	TIEMPO SUGERIDO	
	SEMANAS	HORAS
Radioactividad	9	30
Medición de Radiación	9	30
Física de la Salud en relación a la Radiación	6	20
Ciclo de Combustible y Desprendimiento de Desechos	3	10
Beneficios y Aplicaciones de Radioactividad	9	30

V. NIVELES DE LOGROS ESPERADOS

Se espera que los estudiantes logren entre un 60 - 100% en todas las materias evaluadas por el profesor.

VI. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION

El profesor hará la evaluación de todas las unidades, incluyendo lo siguiente:

1. Exámenes, interrogaciones y pruebas hechos por el profesor
2. Informes de laboratorio
3. Completación de fichas y/o notas de los estudiantes
4. Tareas fuera de clase, tales como álbum de recortes de artículos recientes y/o tópicos
5. Discusión oral y/o informes
6. Participación en clases

VII. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Unidad A - Radioactividad

Al finalizar esta unidad, los estudiantes serán capaces de:

1. Definir y mostrar comprensión en los siguientes términos: Partícula alfa, Angstrom, átomo, masa atómica, número atómico, partícula beta, rayo cósmico, ciclotrón, núclido hijo, deuterón, radiación electromagnética, electrón, nube de electrón, nivel de energía, fisión, fluorescencia, fusión, rayo gama, período de semi desintegración, ión, isótopo, acelerador lineal, neutrón, energía unificadora nuclear, cambio nuclear, carencia de masa nuclear, núcleo, núclido, núclido pariente, protón, desintegración radioactiva, radioactividad, sincrotrón y transmutación.

2. Establecer y mostrar comprensión con respecto a:
   a. La teoría atómica.
   b. El desarrollo de una teoría del núcleo.
   c. El modelo de Bohr del átomo.
   d. Las características de la nube de electrones.
   e. El tamaño relativo de núcleos y átomos.
   f. La naturaleza de la fuerza unificadora nuclear.
   g. Las propiedades de la radiación no-ionizadora.
   h. El modo en que la naturaleza de la radiación varía de acuerdo a su ubicación en el espectro electromagnético.
   i. La naturaleza y propiedades de la radiación alfa, beta, gama y neutrón.
   j. El período de semi desintegración de un núclido radioactivo.
   k. La relación entre la carencia de masa nuclear y la energía unificadora nuclear.
   l. El efecto que tienen en la estabilidad nuclear tanto la energía unificadora por partícula nuclear como el número de protones y neutrones en el núcleo.
   m. Los cuatro tipos de reacciones nucleares (desintegración radioactiva, bombardeo nuclear, fisión y fusión) incluyendo ejemplos de cada uno.
   n. El diseño y operación de los siguientes tipos de aceleradores: acelerador lineal, ciclotrón, generador Van de Graaff y sincrotrón.
   o. Ejemplos y características de partículas sub-atómicas.

3. Comprender y distinguir:
   a. Protón, neutrón, electrón y el núcleo en la base de carga, masa y ubicación.
   b. Núcleo y niveles de energía de la nube de electrón.
   c. Número atómico y masa atómica.
   d. Isótopos y núclidos.
   e. Radiación ionizadora y no-ionizadora.
   f. Radiación natural y producida por el Hombre en el ambiente.
   g. Partículas alfa, protones y neutrones en cuanto "balas" nucleares.
   h. Anti materia.

4. Conocer la contribución hecha por cada una de estas personas en la explicación de la estructura atómica y radioactividad: Demócrito, Dalton, Rutherford, Bohr, Thomson, Chadwick, Roentgen, Becquerel, Curie, Soddy, Fermi, Hahn, Strassman, Meitner, Frisch y Einstein.

5. Proporcionar ejemplos de:
   a. Fuentes naturales de radiación ionizadora en el ambiente.
   b. Fuentes de radiación ionizadora producidas por el Hombre en el ambiente.

6. Escribir una o más ecuaciones nucleares para:
   a. Las reacciones en las series de desintegración de uranio-238.
   b. Cada uno de los cuatro tipos de reacciones nucleares (ver 2m).

7. Resolver problemas en relación a:
   a. Período de semi desintegración.
   b. Carencia de masa nuclear y energía unificadora nuclear.

Unidad B - Medición de Radiación

Al finalizar esta unidad, los estudiantes serán capaces de:

1. Definir y mostrar comprensión en los siguientes términos: Contador Geiger-Mueller, MEDIO ESPESOR , inversión, cámara ión, intercambio de ión, PERÍODO DE LAPSO , coeficiente de absorción lineal, coeficiente de absorción de masa, neutrino, región plateau, tiempo de resolución, CONTADOR DE INCREMENTO, detector termoluminoso (TLD).

2. Establecer y mostrar comprensión en relación a:
   a. La operación de los siguientes instrumentos para la detección de radiación: Tubo Geiger-Mueller, CONTADOR DE INCREMENTO, MEDIDOR DE RAZÓN, detector de chispa y cámara ión.
   b. El efecto de las propiedades del intercambio de ión en la tierra en relación al comportamiento de elementos radioactivos y compuestos.
   c. El efecto de las condiciones atmosféricas en la dispersión de materiales radioactivos en el aire.

3. Establecer:
   a. Los estándares ambientales de la radiación.
   b. Varios métodos para la detección de radiación en el suministro de agua.

4. Comprender y distinguir:
   a. El diseño, operación, ventajas y desventajas de los siguientes aparatos para la detección de radiación: Contador Geiger-Mueller, película, cámara ión, detector de chispa y detector termoluminoso (TLD).
   b. La naturaleza e interacción con materia de alfa, beta, gama y radiación de neutrón.

5. Realizar mediciones de radiación en el laboratorio, incluyendo:
   a. Determinación del plateau y voltaje de operación para un contador Geiger-Mueller.
   b. Determinación de antecedentes.
   c. Determinación de tiempo de resolución para un contador Geiger-Mueller.
   d. Estudio de las propiedades básicas de radiación alfa, beta y gama, y su interacción con la materia.
   e. Período de semi desintegración.

Unidad C - Física de la Salud en relación a la Radiación

Al finalizar esta unidad, los estudiantes serán capaces de:

1. Definir y mostrar comprensión en los siguientes términos: Medidor de dosis, película distintiva, Gray, rad, radiosensibilidad, Rem, Roentgen, Sievert, somático, genético, LET y umbral.

2. Establecer y mostrar comprensión en:

BEST COPY AVAILABLE

a. La cronología del descubrimiento de efectos somáticos producidos por la radiación, incluyendo aquellos en los primeros radiólogos, pintores de relojes con dial de radio y mineros de uranio checoslovacos.
b. Los factores que influyen el efecto biológico de exposición a una fuente externa de radiación (tipo de radiación, dosis total recibida, tejido involucrado, área o volumen involucrado, energía de la radiación y el tiempo para la acumulación de la dosis).
c. El peligro relativo de la exposición desde fuentes internas de radiación que se desintegran mediante la emisión alfa, beta o gama.
d. Los síntomas de una enfermedad radioactiva aguda (náusea y vómitos, malestar y fatiga, aumento de temperatura y cambios en la sangre).
e. El período de enfermedad radioactiva que resulta de los varios niveles de exposición de corto plazo.
f. El concepto ALARA; mantenga su exposición a la radiación Tan Baja como sea Razonablemente Posible. (As Low As Reasonably Achievable).
g. El modo en que la exposición a la radiación puede ser reducida mediante la distancia, protección y tiempo.
h. La importancia del físico de la salud en la protección de individuos y grupos de población contra los dañinos efectos de la radiación ionizadora.
i. Los principios básicos involucrados en el diseño deambientes, procesos y equipos radiológicamente seguros.

3. Establecer:
   a. Los límites de exposición a la radiación permitidos en la exposición ocupacional.
   b. Los límites de exposición a la radiación permitidos al público general.
   c. Las organizaciones nacionales e internacionales que establecen los estándares para la protección radiológica.

   [Agencia de Energía Atómica Internacional (IAEA) (International Atomic Energy Agency), Departamento Norteamericano De Energía (DOE) (U.S. Department Of Energy), Comisión Reguladora Nuclear (NRC) (Nuclear Regulatory Commission)]

4. Comprender y distinguir:
   a. Efectos de radiación latentes y agudos.
   b. Las unidades en las que se mide la radiación (Roentgen, Rad, Rem, Gray y Sievert).
   c. Los tejidos del cuerpo en relación a su radiosensibilidad.
   d. Varios instrumentos de monitoreo personal tales como; medidores de bolsillo, película distintiva y medidores de dosis termoluminosos.

5. Comparar y contrastar los riesgos radiológicos y no-radiológicos del diario vivir.

Unidad D - Ciclo de Combustible y Desprendimiento de Desechos

Al finalizar esta unidad, los estudiantes serán capaces de:

1. Definir y mostrar comprensión en los siguientes términos: Enriquecimiento, fértil, hendible, desecho radioactivo de alto nivel (HLW) (High-level Radioactive Waste), desecho radioactivo de bajo nivel (LLRW) (Low-level Radioactive Waste), pech blenda (variedad de uraninita), depósito, combustible usado, residuos, desecho transuránico (TRU) y torta-amarilla.

2. Establecer y mostrar comprensión con respecto a:
   a. Los pasos involucrados en el "extremo frotal del ciclo de combustible" desde la extracción de la mena de uranio hasta la fabricación de ensamblajes de combustible.
   b. Las razones del por qué el metal de uranio elemental no es un muy buen combustible reactor.
   c. La razón para la buena ventilación de las minas de uranio subterráneas.
   d. Los riesgos de salud y ambientales asociados con la extracción de uranio y su molienda.
   e. Por qué el hexafluoruro (UF) es el compuesto usado en la mayoría de los procesos de enriquecimiento.
   f. Las razones para el reprocesamiento de combustible nuclear extraído de reactores.
   g. La explicación para la carencia de reprocesamiento actual del combustible nuclear extraído de reactores comerciales.
   h. La fuente de desechos radioactivos de alto nivel.
   i. El método de desprendimiento aceptado para desechos radioactivos de bajo nivel y las precauciones tomadas en lo que se refiere a la contaminación ambiental.
   j. Los riesgos asociados con el transporte y desprendimiento de desechos radioactivos de bajo nivel.
   k. Las cláusulas del Acto de Ley con respecto al Desecho Radioactivo de Bajo Nivel de Diciembre de 1980.
   l. El método actual para trabajar con combustible usado de los reactores de potencia nuclear comerciales.
   m. Las cláusulas para el Almacenamiento Recuperable Monitoreado (MRS) de desecho radioactivo.

3. Establecer:
   a. Las propiedades generales del dióxido de uranio (UO_2).
   b. El diseño de un típico ensamblaje de combustible de reactor.
   c. La ubicación actual de los lugares de operación para el desprendimiento de desechos radioactivos de bajo nivel.
   d. Las ubicaciones de posibles lugares para el desprendimiento de desechos radioactivos de alto nivel.

4. Comprender y distinguir:
   a. El "extremo frontal" y el "extremo posterior" del ciclo de combustible.
   b. Desecho radioactivo de bajo nivel y desecho radioactivo de alto nivel.
   c. Dispersión y contención de desechos radioactivos de bajo nivel.

5. Proporcionar ejemplos de:
   a. Por lo menos dos tecnologías de enriquecimiento.
   b. Fuentes para desechos radioactivos de bajo nivel.
   c. Propuestas para el almacenamiento de desechos radioactivos de alto nivel.

Unidad E - Beneficios y Aplicaciones de la Radioactividad

Al finalizar esta unidad, los estudiantes serán capaces de:

1. Definir y mostrar comprensión en los siguientes términos: Auto-radiografía, reactor de agua hirviendo (BWR) (Boiling Water Reactor), reactor productor, QUEMAR (CONSUMIR), contención, reacción en cadena, VARA DE CONTROL, masa crítica, tamaño crítico, SECCIÓN TRANSVERSAL, NEUTRÓN RÁPIDO, VARA DE COMBUSTIBLE, físico de la salud, reactor de agua pesada (HWR) (Heavy Water Reactor), REACTOR DE ALTA TEMPERATURA ENFRIADO POR MEDIO DE GAS (HTGR) reactor de agua liviana (LWR) (Light Water Reactor), moderador, medicina nuclear, reactor nuclear, análisis de activación de neutrón, factor de multiplicación de neutrón, reactor de agua a presión (PWR) (Pressurized Water Reactor), radio-isótopo, radiología, radio-núclido, "VARA DE SCRAM", neutrón termal, termo-nuclear, tomografía, rastreador, TRITIO.

2. Establecer y mostrar comprensión en:
   a. El uso de radio-isótopos en cuanto rastreadores en estudios de investigación.
   b. La técnica del análisis de dilución de isótopo.
   c. La técnica del análisis de activación de neutrón.
   d. Auto-radiografía.
   e. El uso de rastreadores radioactivos en hidrología, identificando goteras en tuberías y otros problemas de fluidos.
   f. El uso de rastreadores radioactivos en la industria para el estudio de la mezcla y desgaste de las partes de una máquina.
   g. La operación de indicadores radio-núclidos.
   h. La construcción y aplicaciones de generadores de poder radio-núclidos.
   i. El modo en que la fuente radioactiva es usada en algunos detectores de humo.
   j. El uso de la radiación en la esterilización de aparatos médicos, alimentos e insectos machos para el control de la población de insectos.
   k. Determinación de la edad mediante radio-isótopos basada en carbón-14 y otros "relojes nucleares".
   l. Medicina nuclear para la obtención de imágenes de huesos y órganos.

m. Los principios básicos en la construcción de armas nucleares de fisión y fusión.
n. Reacciones nucleares en cadena.
o. El control de una reacción en cadena en un reactor nuclear.
p. Las amplias funciones de sistemas de seguridad en reactores nucleares.
q. El concepto de contención de barrera múltiple.

3. Establecer:
a. El uso de la radiación para producir polimerización.
b. La historia del Proyecto Manhattan para el desarrollo de armas nucleares.
c. Los efectos de la explosión de un arma nuclear (1-megatón).
d. Las consecuencias probables para la civilización de una guerra termo-nuclear total.
e. Los componentes de un reactor de agua a presión.
f. Los componentes de un reactor de agua hirviendo.
g. Los rasgos de un reactor MODERADO POR GRAFITO.
h. Los rasgos de reactores de alta TEMPERATURA enfriados por MEDIO DE GAS.
i. Consideraciones para un reactor productor.
j. Los tipos y cantidades de desechos radioactivos producidos por reactores de potencia comerciales.

4. Comprender y comparar:
a. Radiografía nuclear y radiografía de rayo-X, observando las ventajas y desventajas en la aplicación de cada una.
b. Reactores de agua a presión y reactores de agua hirviendo.
c. Neutrones RÁPIDOS y neutrones térmicos.
d. Los reactores usados para generar potencia eléctrica comercial y aquellos usados para la propulsión naval.
e. Reactores de agua liviana y reactores de agua pesada.

5. Proporcionar ejemplos de:
a. Aplicaciones de análisis de activación de neutrón.
b. Aplicaciones de auto-radiografía.
c. Aplicaciones de indicadores radio-núclidos.
d. Radio-núclidos usados para producir diales luminosos para relojes, instrumentos y signos.
e. Usos médicos de la ciencia nuclear para el diagnóstico y terapia.
f. Propósitos de los reactores de investigación.
g. Oportunidades de carrera en la industria relacionadas con el diseño, construcción y operación de plantas nucleares.
h. Oportunidades de carrera en la industria usando la ciencia nuclear para la indicación de radio-núclidos, esterilización, etc.
i. Oportunidades de carrera en la medicina nuclear.
j. Oportunidades de carrera en ciencia nucear militar.
k. Oportunidades de carrera en la ciencia nuclear en educación e investigación.

VIII. ACTIVIDADES DE LABORATORIO

El manual para actividades de laboratorio recomendado es:

"Experiments in Nuclear Science": Chase, Rituper, and Sulcoski: Burgess Publishing Co. (1971)
L
Los siguientes experimentos de laboratorio del manual mencionado se recomiendan para un curso de ciencia nuclear en el nivel de enseñanza secundaria.

*Instrumentos de control personal
*Medidores de investigación
*Preparación de muestra I
*Preparación de muestra II
*Delineación de un plateau Geiger
*Antecedentes de radiación
*Tiempo de resolución
*Eficiencia de tubo Geiger
*Cambios en eficiencia de instrumentos
*Radios de anaqueles
*Dispersión de retorno I
*Dispersión de retorno II
*Dispersión lateral
*Absorción de radiación mediante muestra I
*Absorción de radiación mediante muestra II
*Absorción de radiación mediante muestra III
*Soluciones sin portador
*Casualidad de desintegración
*Estadistica de conteo
*Periodo de semi desintegración
Mezcla de actividades en desintegración independientes
Cámaras de ionización
Detectores de chispa
*Auto radiografia
Cámaras de nube
*Absorción de fosfato en una planta
*Distribución de fosfato en una planta
*Alimentación de plantas sin raiz
*Translocación de fosfatos en tallos
*Cancer en las plantas
*Efecto de radiación ultravioleta en organismos simples
*Distancia de particulas alfa
*Ley cuadrada inversa
*Absorción de particulas beta
Deflexión de particulas beta mediante un campo magnético
*Energia de desintegración beta
*Absorción de rayos gama
*Precipitación radioactiva en la atmósfera
Propiedades del agua pesada
Purificación de agua contaminada
Electrodeposición
*Separación por precipitación I
Separación por precipitación II

** These authors are discussing the possibility of writing a textbook and teachers manual based on this Nuclear Science Curriculum.

Separación por absorción
*Separación por extracción de solvente
Radiocromatografía I
*Radiocromatografía II
Separación por intercambio de ión
Separación por electroforesis
Análisis de disolución de isótopo
Síntesis de un compuesto marcado
Solubilidad de yoduro de plata en amoniaco
*Medición de espesor
*Medición de deformación
*Medición de profundidad
*Medición de densidad
*Radiografía
*Prueba de desgaste
*Eficiencia de detergente

*Estos experimentos pueden ser realizados con un equipo y material mínimo detallado en la sección IX.

IX. EQUIPO Y MATERIAL

A. Equipo

Debido a su naturaleza, el equipamiento para el curso de Ciencia Nuclear es caro. La siguiente lista representa los requisitos mínimos (1 por cada 4 estudiantes) para la instalación de un laboratorio apto para el uso de los estudiantes.

Número	
5	Contadores de incremento con medidor de tiempo
5	Tubos Geiger-Mueller con ventana terminal, montura y cable
5	Grupos de materiales absorbentes
5	Grupos de fuentes sellados α, β, y γ (Po-210, Sr-90, Co-60)
5.	Grupos de fuentes calibradas
5	Grupos de fuente separados
5	Fuentes selladas Cs-137
10	Bandejas de trabajo con isótopo de fibra de vidrio (tipo cafetería)
2	Mini-generadores Cs-137/Ba-137m
200	Planchas
10	Triceps para planchas
5	Succionadores para pipetas
	Surtido de micro-pipetas, 1 a 50 lamda
5	Medidores de inspección (CDV-700)
5	Medidores de razón
5	Medidores de dosis y cargador
5	Cronógrafos
10	Jeringas hipodérmicas, Luer-lock, 10cc
	Cristalería variada y Equipo disponible en los laboratorios de biología y química típicos.

B. MATERIALES

Guantes plásticos desechables
Envoltura para alimentos plástica

Pequeñas bolsas plásticas
Lámina de aluminio
Papel protector absorbente para bandejas de trabajo
Película de rayo-X y materiales de revelado apropiados
Signos de precaución, cinta adhesiva y etiquetas
Nitrato de uranil
Isótopos líquidos (cantidades exentas de licencia)

Carbón-14	50 uCi
Fósforo-32	10 uCi (Debido a su corto periodo de semi desintegración debe comprarse cuando se necesite)

Tumefacientes agrobacteria, tipo B-6
Provisiones misceláneas y productos químicos disponibles en un laboratorio de química típico

C. Equipo Adicional

El equipo y meteriales adicionales listados más abajo, se necesitan para realizar todas las actividades de laboratorio anotadas en la Sección VIII.

1 Detector de chispa de cristal
1 Cámara de nube tipo Difusión-Contínua Wilson
1 Electroescopio
2 Imanes magnetrones (al rededor de 1500 Gauss)
1 Unidad de electro-deposición
2 Tubos de prueba con brazo
2 Embudos separadores (30 ml)
1 Aparato para electroféresis
1 Examinador y grabador radiocromatograma
Cristaleróa miscelánea disponible en un laboratorio de química típico

D. MATERIALES ADICIONALES

Hielo seco
Lámina de plomo
Agua pesada
Resina de intercambio de ión La Matte
Nitrato de torio
Papel cromatografía #1 Whatman (1" ancho)
Resina de intercambio de ión Bio-Rad 2P-1
Isótopos (cantidades exentas de licencia)

Cesio-137	2 uCi
Talio-204	10 uCi
Plomo-210	0.1 uCi
Yodo-131	10 uCi
Hierro-59	0.5 uCi
Estroncio-90	0.1 uCi

Miscelánea, provisiones y productos químicos disponibles en un laboratorio de química típico

E. FUENTES DE EQUIPAMIENTO

Lo siguiente tiene relación con el abastecimiento de provisiones de equipo y puede ser contactado por sus presentes catálogos:

1. Educational Materials & Equipment Co.
   Box 63
   Bronxville, NY 10708

2. Atomic Accessories, Inc.
   811 West Merrick Road
   Valley Stream, NY 11582

3. Central Scientific Co.
   1700 Irving Park Road
   Chicago, ILL 60613

4. Welch Scientific Co.
   7300 N. Linder Avenue
   Skokie, ILL 60076

5. The Nucleus
   761 Emory Valley Road
   P.O.Box 2561
   Oak Ridge, TN 37830-2561

6. Nuclear-Chicago Corp.
   333 East Howard Avenue
   Desplaines, ILL 60018

7. American Nuclear Products, Inc.
   1232 E. Commercial
   Springfield, MO 65803

F. FACILIDADES DE IRRADIACION

Una excelente fuente de muestra de irradiación a disposición para todos los profesores, es el laboratorio radiológico del hospital local. Si se explica la situación en detalle al radiólogo a cargo, es posible que él/ella hará su equipo de rayo-gama y rayo-X disponible para este propósito. Con este equipo se pueden hacer excelentes estudios del efecto de la radiación en la germinación de una semilla y la producción de mutaciones, para mencionar sólo dos. Esto también es una posible fuente de películas de rayo-X e isótopos.

X. REFERENCIAS

Se examinaron los siguientes libros y se encontraron aceptables para un curso de ciencia nuclear de nivel de secundaria. Las evaluaciones de estos libros aparecen en el reporte de Junio 30, 1986, "Nuclear Science Education Materials", hechas por el Comité de de Evaluación e Investigación de Materias Educacionales Asociación de Profesores de Ciencia Nuclear Americana.

See list of references attached to English version.